

груза за период январь – август 2017 г. следует вывод, что при использовании вагонов с осевой нагрузкой 25 тс, с отправкой грузовых поездов с тем же графиком, можно было перевезти грузов на 8 млн т больше, чем с вагонами с осевой нагрузкой 23,5 тс.

Список литературы

1 Статистика перевезенного груза и грузооборота Белорусской железной дорогой. – Режим доступа : http://www.rw.by/corporate/belarusian_railway/statistics. – Дата доступа : 20.09.2017.

2 Обобщение передового опыта тяжеловесного движения: вопросы взаимодействия колеса и рельса : пер. с англ. / У. Дж. Харрис [и др.]. – М. : Интекст, 2002. – 408 с.

3 ГОСТ Р 55050–2012. Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на железнодорожный путь и методы испытаний. – М. : Изд-во стандартов, 2013. – 22 с.

УДК 658.7/.8.004.67

ИННОВАЦИИ В ДВУХСЛОЙНОЙ УКЛАДКЕ БЕТОНА С ОБНАЖЕННЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

К. В. БОЖИК, Н. А. КОЛИВОШКО, В. С. ПЕТРЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время для восстановления автострад в Германии широко используется двухслойная укладка бетона. Она позволяет с минимальными затратами получить малошумное покрытие из бетона с обнаженным заполнителем. Суть метода заключается в том, что на основание укладывается нижний слой бетона, толщиной 20–24 см, затем верхний, толщиной от 5 до 8 см.

Бетоноукладчик автоматически по принципу «мокрое на мокрое» укладывает два сорта бетона. Как для нижнего, так и для верхнего слоя бетона предъявляются одинаковые требования по прочности на растяжение, сжатие и изгиб. В свою очередь, состав бетона значительно отличается в зависимости от размера зерна, требований, предъявляемых к заполнителю и содержанию цемента. Необходимое содержание цемента в нижнем слое – более 350 кг/м³, а в верхнем (с обнаженным заполнителем) – не менее 420 кг/м³.

Максимальный размер зерен (> 2 мм) является основной составляющей частью бетона с обнаженным заполнителем. Для изготовления бетона применяют высокосортный щебень, к которому предъявляются высокие требования к форме зерен и неразрушению в процессе полирования.

По окончании укладки бетона на профилированную поверхность финишер распределяет замедлитель. Спустя некоторое время после укладки зернистый наполнитель обнажается при помощи щеток на поверхности бетона. Таким образом, создается шероховатость на покрытии, также на поверхности имеется большое количество выступов, благодаря которым удерживается шум от контакта шин с покрытием.

По этой технологии были созданы четыре проекта, в них были замечены все достоинства технологии укладки, которые привели к достижению успеха. Один из проектов был направлен на восстановление участка автострады на земле Саксония-Анхальт, который в результате щелочно-силикатной реакции был разрушен. Последующие три проекта были направлены на восстановление цементобетонных дорог в возрасте от 30 до 40 лет.

В трех проектах были использованы датчики, которые регулируют высоту передней стенки. Этими датчиками измеряли уровень заполнения бетоном, в результате всегда подавалось необходимое количество бетонной смеси.

Окончательная обработка бетона является немаловажным процессом. Финишер оборудуется щетками, благодаря которым бетон приобретает определенную текстуру. Текстуру бетону с обнаженным заполнителем не придают. В этом случае на поверхность наносится отведенное количество составляющего средства, в состав которого входит замедлитель и финишная дисперсная смесь. Замедлитель избавляет от схватывания и затвердевания бетона за определенное время, в свою очередь дисперсионная смесь замедляет высыхание бетона, из-за чего образовывались бы трещины на поверхности. Когда бетон схватится и возможно осуществление движения, то покрытие подвергается обработке щетками, для освобождения структуры зернистого заполнителя. И заключительным

этапом на покрытие наносят окончательную дисперсионную смесь. Освобождение структуры зернистого заполнителя добавляет цементобетонному покрытию необходимую шероховатость, в результате получается безопасным дорожное движение.

Таким образом, основными достоинствами данной технологии являются: возможность использования дешевого бетона для нижнего слоя покрытия; экологическое и безопасное верхнее покрытие; высокие показатели ровности покрытия; высокая безопасность движения. В Беларуси хорошо развита сырьевая база по производству цемента и применение технологии устройства двухслойного бетона с обнаженным заполнителем является необходимым и целесообразным.

УДК 625.142.45

ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОЙ СРЕДЫ СИСТЕМЫ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПУТЬ»

Д. И. БОЧКАРЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Традиционные конструкции шпал, применяемые в верхнем строении железнодорожного пути, имеют ряд недостатков, которые заключаются в их невысокой долговечности, а также невозможности демпфировать поездную нагрузку, в частности преобразуя ее в электрическую энергию.

Одним из способов преодоления указанных недостатков является разработка шпалы, преобразующей механическую (поездную) нагрузку в электрическую энергию на основе использования прямого пьезоэффекта.

Поставленная задача достигается тем, что шпала, включающая железобетонное тело, имеющее опорные площадки со сформированными в зоне последних пустотными каналами под закладные болты крепления, снабжена демпфирующими элементами, для размещения которых в теле шпалы со стороны опорных площадок выполнены пазы. В качестве демпфирующих элементов наиболее эффективно использовать пьезоэлектрические преобразователи, соединенные электродами с электрической цепью.

При приложении силы (поездной нагрузки, передаваемой колесами подвижного состава через рельсы) вдоль вертикальной оси пьезоэлектрического преобразователя на его гранях, перпендикулярных оси действия силы, появляется электрический заряд, пропорциональный действующей силе, поступающий в электрическую цепь посредством электродов. Изготовленный из пьезоэлектрического материала (пьезокомпозита или пьезокерамики, например цирконата-титаната-свинца PZT-5Н) пьезоэлектрический преобразователь имеет высокую прочность (допустимые напряжения могут достигать до $(0,7 \dots 1,0) \cdot 10^8$ Па), что позволяет прикладывать к нему большие силы. Кроме того, данный материал имеет большой модуль упругости $0,57 \cdot 10^{11}$ Па, что обуславливает высокую жесткость и очень малое собственное внутреннее трение. Электрические и механические свойства данных пьезоэлектрических материалов имеют высокую стабильность. За 10 лет изменение характеристик не превосходит 0,05 %, что позволяет прогнозировать высокий срок службы шпалы.

Напряжение, возникающее на электродах одного тензометрического преобразователя при однократном приложении нагрузки, можно определить по формуле

$$U_1 = \frac{dF}{C},$$

где d – пьезоэлектрический модуль, для цирконата-титаната-свинца PZT-5Н $d = 760 \cdot 10^{-12}$ К/Н [1]; F – сила, передаваемая одним колесом подвижного состава вдоль вертикальной оси пьезоэлектрического преобразователя, для четырехосного вагона грузоподъемностью 60 т, имеющего собственную массу 23 т, $F = 101778$ Н; C – электрическая емкость пьезоэлектрического преобразователя,

$$C = \frac{e\epsilon_0 S}{l},$$

e – диэлектрическая проницаемость материала пьезоэлектрического преобразователя, для цирконата-титаната-свинца PZT-5Н $e = 5000$; ϵ_0 – электрическая постоянная, $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; S – площадь пьезоэлектрического преобразователя, $S = 0,01$ м²; l – толщина пьезоэлектрического преобразователя, $l = 0,01$ м.